

# FOLLOW-ON DOCUMENT INDEX SHEET

<input type="checkbox"/>	CFILE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Request for Corrected Filing Receipt	<input type="checkbox"/>	PEFRSEQ
	Issue Fee Transmittal PTOL 85 B	<input type="checkbox"/>	CRFD
	Pre-Exam Formalities Response	<input type="checkbox"/>	CRFE
	Pre-Exam Formalities Reissue Response	<input type="checkbox"/>	CRFL
	A...	<input type="checkbox"/>	CRFS
	Amendment including Elections	<input type="checkbox"/>	Computer Readable Form Statement
	A.NA	<input type="checkbox"/>	SEQLIST
	Amendment after Notice of Allowance	<input type="checkbox"/>	Sequence Listing
	A.NE	<input type="checkbox"/>	EARLYPUB
	After Final Amendment	<input type="checkbox"/>	Request for Early Publication
	A.PE	<input type="checkbox"/>	PGEA
	Preliminary Amendment	<input type="checkbox"/>	Req Express Aband to Avoid Publication
	REM	<input type="checkbox"/>	PGA9
	Applicant Remarks in Amendment	<input type="checkbox"/>	Req for Corrected Pat App Publication
	ELC.	<input type="checkbox"/>	PGREF
	Response to Election/Restriction	<input type="checkbox"/>	Req for Refund of Publication Fee Paid
	RCEX	<input type="checkbox"/>	PGPUB DRAWINGS
	Request for Continued Examination	<input type="checkbox"/>	Box PG Pub Drawings
	SPEC	<input type="checkbox"/>	RESC
	Specification	<input type="checkbox"/>	Rescind Non-Publication Request
	CLM	<input type="checkbox"/>	XT/
	Claim	<input type="checkbox"/>	Extension of Time filed separate
	ABST	<input type="checkbox"/>	371P
	Abstract	<input type="checkbox"/>	PCT Papers in a 371P Application
	DRW	<input type="checkbox"/>	IDS
	Drawings	<input type="checkbox"/>	IDS including 1449
	OATH	<input type="checkbox"/>	FOR
	Oath or Declaration	<input type="checkbox"/>	Foreign Reference
	ADS	<input type="checkbox"/>	NPL
	Application Data Sheet	<input type="checkbox"/>	Non-Patent Literature
	APPENDIX	<input type="checkbox"/>	FRPR
	Appendix	<input type="checkbox"/>	Foreign Priority Papers
	ARTIFACT	<input type="checkbox"/>	DIST
	Artifact	<input type="checkbox"/>	Terminal Disclaimer filed
	COMPUTER	<input type="checkbox"/>	L RACK
	Computer Program Listing	<input type="checkbox"/>	L&R Access Acknowledgement
	SPEC NO	<input type="checkbox"/>	ROCKET
	Specification Not in English	<input type="checkbox"/>	Request for Expedited (Rocket Docket)
	136A	<input type="checkbox"/>	
	Blanket authorization to charge fees	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	ACPA	<input type="checkbox"/>	Continuing Prosecution Application
<input type="checkbox"/>	AF/D	<input type="checkbox"/>	Affidavit or Exhibit Received
<input type="checkbox"/>	AP.B	<input type="checkbox"/>	Appeal Brief
<input type="checkbox"/>	C680	<input type="checkbox"/>	Request for Corrected Notice/Allowance
<input type="checkbox"/>	COCIN	<input type="checkbox"/>	Papers filed re: Certificate of Corrections
<input type="checkbox"/>	EABN	<input type="checkbox"/>	Request for Express Abandonment
<input type="checkbox"/>	IRFND	<input type="checkbox"/>	Refund Request
<input type="checkbox"/>	L RIN	<input type="checkbox"/>	Any Incoming L&R
<input type="checkbox"/>	N/AP	<input type="checkbox"/>	Notice of Appeal
<input type="checkbox"/>	N417	<input type="checkbox"/>	Copy of EFS Receipt Acknowledgement
<input type="checkbox"/>	PROTEST	<input type="checkbox"/>	Protest Documents Filed by 3rd Party
<input type="checkbox"/>	PROTRANS	<input type="checkbox"/>	Translation of Provisional in Nonprov App
<input type="checkbox"/>	C.AD	<input type="checkbox"/>	Change of Address
<input type="checkbox"/>	PA..	<input type="checkbox"/>	Change in Power of Attorney
<input type="checkbox"/>	PC/I	<input type="checkbox"/>	Power to Make Copies or to Inspect
<input type="checkbox"/>	PET.	<input type="checkbox"/>	Petition
<input type="checkbox"/>	PET.WDISS	<input type="checkbox"/>	Petition to Withdraw from Issue
<input type="checkbox"/>	PETDEC	<input type="checkbox"/>	Petition Decision
<input type="checkbox"/>	LET.	<input type="checkbox"/>	Miscellaneous Incoming Letter
<input type="checkbox"/>	IMIS	<input type="checkbox"/>	Miscellaneous Internal Document
<input type="checkbox"/>	RETMAL.	<input type="checkbox"/>	Mail Returned by Post Office



【書類名】 特許願  
【整理番号】 1032340  
【提出日】 平成16年 2月 2日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 F16C 33/36  
【発明者】  
    【住所又は居所】 静岡県磐田市東貝塚 1 5 7 8 番地 N T N株式会社内  
    【氏名】 奥上 浩一  
【発明者】  
    【住所又は居所】 静岡県磐田市東貝塚 1 5 7 8 番地 N T N株式会社内  
    【氏名】 村松 芳紀  
【発明者】  
    【住所又は居所】 三重県桑名市大字東方字尾弓田 3 0 6 6 N T N株式会社内  
    【氏名】 大木 力  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000102692  
    【住所又は居所】 大阪市西区京町堀 1 丁目 3 番 1 7 号  
    【氏名又は名称】 N T N株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100064746  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 深見 久郎  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100085132  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 森田 俊雄  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100083703  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 仲村 義平  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100096781  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 堀井 豊  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100098316  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 野田 久登  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100109162  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 酒井 將行  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100111936  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 渡辺 征一  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2003- 53150  
    【出願日】 平成15年 2月28日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008693

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【物件名】 委任状 1

【提出物件の特記事項】 手続補足書により提出する。

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造であって、  
前記デファレンシャルに配置された内輪と、  
前記デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、  
前記内輪と前記外輪との間を転動する転動体とを備え、  
前記内輪、前記外輪、および前記転動体のうち少なくとも1つの部材が窒素富化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある、デファレンシャルの支持構造。

**【請求項 2】**

デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造であって、  
前記デファレンシャルに配置された内輪と、  
前記デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、  
前記内輪と前記外輪との間を転動する転動体とを備え、  
前記内輪、前記外輪、および前記転動体のうち少なくとも1つの部材が窒素富化層を有し、破壊応力値が2650MPa以上である、デファレンシャルの支持構造。

**【請求項 3】**

デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造であって、  
前記デファレンシャルに配置された内輪と、  
前記デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、  
前記内輪と前記外輪との間を転動する転動体とを備え、  
前記内輪、前記外輪、および前記転動体のうち少なくとも1つの部材が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が0.5ppm以下である、デファレンシャルの支持構造。

**【請求項 4】**

前記デファレンシャルは円すいころ軸受により回転自在に支持されていることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載のデファレンシャルの支持構造。

**【請求項 5】**

前記デファレンシャルは深溝玉軸受により回転自在に支持されていることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載のデファレンシャルの支持構造。

**【請求項 6】**

2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、前記歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品であって、  
前記構成部品が窒素富化層を有し、その構成部品のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある、デファレンシャルの構成部品。

**【請求項 7】**

2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、前記歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品であって、  
前記構成部品が窒素富化層を有し、破壊応力値が2650MPa以上である、デファレンシャルの構成部品。

**【請求項 8】**

2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、前記歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品であって、  
前記構成部品が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が0.5ppm以下である、デファレンシャルの構成部品。

**【請求項 9】**

デファレンシャルに配置された内輪と、  
前記デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、  
前記内輪と前記外輪との間を転動する転動体とを備えた、デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造の製造方法であって、

A<sub>1</sub>変態点を超える浸炭窒化处理温度で鋼を浸炭窒化处理した後、A<sub>1</sub>変態点未満の温度に冷却し、その後、前記A<sub>1</sub>変態点以上で前記浸炭窒化处理の温度未満の焼入れ温度域に再加熱し、焼入れを行なうことにより、前記内輪、前記外輪、および前記転動体のうち少なくともいずれか1つの部材が製造されることを特徴とする、デファレンシャルの支持構造の製造方法。

【請求項 1 0】

前記焼入れ温度域が7 9 0℃～8 3 0℃の温度域である、請求項 9 に記載のデファレンシャルの支持構造の製造方法。

【請求項 1 1】

2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、前記歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品の製造方法であって、

A<sub>1</sub>変態点を超える浸炭窒化处理温度で鋼を浸炭窒化处理した後、A<sub>1</sub>変態点未満の温度に冷却し、その後、前記A<sub>1</sub>変態点以上で前記浸炭窒化处理の温度未満の焼入れ温度域に再加熱し、焼入れを行なうことにより、前記構成部品が製造されることを特徴とする、デファレンシャルの構成部品の製造方法。

【請求項 1 2】

前記焼入れ温度域が7 9 0℃～8 3 0℃の温度域である、請求項 1 1 に記載のデファレンシャルの構成部品の製造方法。

**【書類名】明細書**

**【発明の名称】**デファレンシャルの支持構造、デファレンシャルの構成部品、デファレンシャルの支持構造の製造方法、およびデファレンシャルの構成部品の製造方法

**【技術分野】****【0001】**

本発明は、デファレンシャルの支持構造、デファレンシャルの構成部品、デファレンシャルの支持構造の製造方法、およびデファレンシャルの構成部品の製造方法に関し、疲労特性の長寿命化を実現可能なデファレンシャルの支持構造、デファレンシャルの構成部品、デファレンシャルの支持構造の製造方法、およびデファレンシャルの構成部品の製造方法に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

深溝玉軸受や円すいころ軸受などの転動体軸受は、転動体と軌道輪と保持器とで構成される。転動体が軌道輪の間を転動する際には、転動体と軌道輪とが点接触あるいは線接触する構造であるため、軸受投影面積が小さい割に高負荷容量と高剛性が得られる利点を有している。したがって、希薄潤滑下や高速回転下での運転等の苛酷な条件で使用する支持構造に転動体軸受は好適であり、たとえば自動車のデファレンシャルの支持構造に使用されている。

**【0003】**

このような自動車のデファレンシャルの支持構造における軸受部品の転動疲労に対して、長寿命を与える熱処理方法として、焼入れ加熱時の雰囲気RXガス中にさらにアンモニアガスを添加するなどして、その軸受部品の表層部に浸炭窒化处理を施す方法がある（たとえば特開平8-4774号公報、特開平11-101247号公報）。この浸炭窒化处理法を用いることにより、表層部を硬化させ、ミクロ組織中に残留オーステナイトを生成させ、転動疲労寿命を向上させることができる。

**【特許文献1】**特開平8-4774号公報

**【特許文献2】**特開平11-101247号公報

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、自動車のデファレンシャルの支持構造には、主に重力に基づくラジアル荷重が加わる。また自動車のデファレンシャルの支持構造においては、ピニオンギヤとサイドギヤとの噛み合い位置が変動してしまうことを避けるために、デファレンシャルを支持する転動体には、ラジアル方向に相当の荷重が加えられている。さらに、自動車のデファレンシャルの支持構造においては、ピニオンギヤとサイドギヤとがねじれ角を持って嵌合している。したがってこの嵌合によりスラスト荷重が発生する。また、ピニオンギヤとサイドギヤとの嵌合部分の静粛性を向上する目的で、デファレンシャルを支持する転動体に対してスラスト方向に相当の予圧が加えられている。これらの荷重が合成されて、デファレンシャルを支持する転動体には、スラスト方向に相当の荷重が加えられている。デファレンシャルの支持構造においては、十分な転動疲労特性を得るためには十分な大きさが必要であり、これによりデファレンシャルの小型化が図れないという問題があった。

**【0005】**

また、上記の浸炭窒化处理方法は炭素および窒素を拡散させる拡散処理であるため、長時間高温に保持する必要がある。このため、組織が粗大化する等して耐割れ強度の向上を図ることは困難である。また、残留オーステナイトの増加による経年寸法変化率の増大も更なる長寿命化の妨げとなっている。

**【0006】**

一方、転動疲労に対して長寿命を確保し、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率の増大を防ぐために、鋼の合金設計により組成を調整することによって対処することが可能である。しかし合金設計によると、原材料コストが高くなるなどの問題点が発生する。

**【0007】**

今後の軸受部品には、使用環境の高荷重化、高温化にともない、従来と比較してより大きな荷重条件でかつより高温で使用できる特性を備えることが要求される。このため、高強度で、転動疲労特性が長寿命で、高度の耐割れ強度と寸法安定性とを有する軸受部品が必要になる。また、デファレンシャルの支持構造における軸受部品に限らず、デファレンシャルを構成する歯車および軸などの構成部品についても、疲労特性の長寿命化が求められていた。

**【0008】**

したがって本発明は、疲労特性の長寿命化を実現可能なデファレンシャルの支持構造、デファレンシャルの構成部品、デファレンシャルの支持構造の製造方法、およびデファレンシャルの構成部品の製造方法を提供することを目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0009】**

本発明の一の局面にしたがうデファレンシャルの支持構造は、デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造であって、デファレンシャルに配置された内輪と、デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、内輪と外輪との間を転動する転動体とを備えている。内輪、外輪、および転動体のうち少なくともいずれか1つの部材が窒素富化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある。

**【0010】**

本発明の一の局面によれば、内輪、外輪、および転動体のうち少なくともいずれか1つの部材のオーステナイト粒径が微細であることにより、耐割れ強度、寸法安定性および転動疲労寿命が大幅に改良される。また、これによりデファレンシャルの支持構造を小さくできるので、デファレンシャルの小型化が図れる。オーステナイト粒径の粒度番号が10番以下では、転動疲労寿命は大きく改善されないので、10番を超える範囲とする。通常、11番以上とする。オーステナイト粒径は細かいほど望ましいが、通常、13番を超える粒度番号を得ることは難しい。なお、上記窒素富化層は、あとで説明するように、浸炭窒化処理により形成されるが、上記窒素富化層に炭素が富化されていてもよいし、富化されていなくてもよい。デファレンシャルの支持構造の内輪、外輪および転動体のオーステナイト粒は、浸炭窒化処理の影響を大きく受けている表層部でも、それより内側の内部でも変化しない。したがって、上記の結晶粒度番号の範囲の対象となる位置は、表層部および内部とする。また、オーステナイト結晶粒とは、焼入れ加熱中に相変態したオーステナイトの結晶粒のことであり、これは、冷却によりマルテンサイトへ相変態した後も、過去の履歴として残存しているものをいう。

**【0011】**

本発明の他の局面にしたがうデファレンシャルの支持構造は、デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造であって、デファレンシャルに配置された内輪と、デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、内輪と外輪との間を転動する転動体とを備えている。内輪、外輪、および転動体のうち少なくともいずれか1つの部材が窒素富化層を有し、破壊応力値が2650MPa以上である。

**【0012】**

本願発明者らは、鋼をA<sub>1</sub>変態点を超える浸炭窒化処理温度で浸炭窒化処理した後、A<sub>1</sub>変態点未満の温度に冷却し、その後にA<sub>1</sub>変態点以上の焼入れ温度域に再加熱し焼入れを行なうことにより、窒素富化層を有する鋼の破壊応力値を、従来では得られなかった2650MPa以上にできることを見出した。これにより、従来と比較して破壊応力値に優れ、それにより強度の高いデファレンシャルの支持構造を得ることができる。

**【0013】**

本発明のさらに他の局面にしたがうデファレンシャルの支持構造は、デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造であって、デファレンシャルに配置された内輪と、デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、内輪と外輪との間を転動す

る転動体とを備えている。内輪、外輪、および転動体のうち少なくともいずれか1つの部材が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が0.5 ppm以下である。

【0014】

本発明のさらに他の局面によれば、水素に起因する鋼の脆化を軽減することができる。鋼の水素含有率が0.5 ppmを超えると鋼の割れ強度は低下する。したがってこのような鋼は、苛酷な荷重が加わるデファレンシャルの支持構造にはあまり適さなくなる。水素量は低い方が望ましい。しかし、0.3 ppm未満に減らすためには長時間の加熱が必要になり、オーステナイト粒径が粗大化し、かえって靱性が低下してしまう。このため、より望ましい水素含有率は0.3～0.5 ppmの範囲である。さらに望ましくは、0.35～0.45 ppmの範囲である。

【0015】

なお、上記の水素含有率は、拡散性水素は測定の対象にはせず、所定温度以上で鋼から放出される非拡散性水素のみを測定の対象とするものである。サンプルサイズが小さければ、常温でもサンプルから放出され散逸してしまうので、拡散性水素量は測定の対象から外している。非拡散性水素は、鋼中の欠陥部などにトラップされており、所定の加熱温度以上ではじめてサンプルから放出される水素である。この非拡散性水素に限定しても、水素含有率は測定方法によって大きく変動する。上記の水素含有率範囲は熱伝導度法による測定方法による範囲である。さらに、後記するように、LECO社製DH-103型水素分析装置またはそれに準じる測定装置を用いて測定することが望ましい。

【0016】

上記のデファレンシャルの支持構造において好ましくは、デファレンシャルは円すいころ軸受もしくは深溝玉軸受により回転自在に保持されている。

【0017】

これにより、簡易な構成でデファレンシャルの支持構造が構成され、かつ高度の耐割れ強度と寸法安定性とを有し、転動疲労寿命に優れたデファレンシャルの支持構造が得られる。

【0018】

本発明の一の局面にしたがうデファレンシャルの構成部品は、2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品である。構成部品が窒素富化層を有し、その構成部品のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある。

【0019】

本発明の一の局面にしたがうデファレンシャルの構成部品によれば、構成部品のオーステナイト粒径が微細であることにより、上記デファレンシャルの支持構造と同様の理由から、耐割れ強度、寸法安定性および疲労寿命が大幅に改良される。

【0020】

本発明の他の局面にしたがうデファレンシャルの構成部品は、2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品である。構成部品が窒素富化層を有し、その構成部品の破壊応力値が2650 MPa以上である。

【0021】

これにより、上記デファレンシャルの支持構造と同様の理由により、従来と比較して破壊応力値に優れ、それにより強度の高いデファレンシャルを得ることができる。

【0022】

本発明のさらに他の局面にしたがうデファレンシャルの構成部品は、2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品である。構成部品が窒素富化層を有し、その構成部品の水素含有率が0.5 ppm以下である。

【0023】

これにより、上記デファレンシャルの支持構造と同様の理由により、水素に起因する鋼

の脆化を軽減することができる。

【0024】

本発明のデファレンシャルの支持構造の製造方法は、デファレンシャルに配置された内輪と、デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、内輪と外輪との間を転動する転動体とを備えた、デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造の製造方法である。A<sub>1</sub>変態点を超える浸炭窒化处理温度で鋼を浸炭窒化处理した後、A<sub>1</sub>変態点未満の温度に冷却し、その後、A<sub>1</sub>変態点以上で浸炭窒化处理の温度未満の焼入れ温度域に再加熱し、焼入れを行なうことにより、内輪、外輪、および転動体のうち少なくともいずれか1つの部材が製造される。

【0025】

本発明のデファレンシャルの構成部品の製造方法は、2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品の製造方法である。A<sub>1</sub>変態点を超える浸炭窒化处理温度で鋼を浸炭窒化处理した後、A<sub>1</sub>変態点未満の温度に冷却し、その後、A<sub>1</sub>変態点以上で浸炭窒化处理の温度未満の焼入れ温度域に再加熱し、焼入れを行なうことにより、構成部品が製造される。

【0026】

本発明のデファレンシャルの支持構造の製造方法およびデファレンシャルの構成部品の製造方法によれば、浸炭窒化处理後A<sub>1</sub>変態点未満の温度に冷却した後に最終的な焼入れを行なうので、オーステナイト粒径を細かくすることができる。この結果、シャルピー衝撃値、破壊靱性値、割れ強度、疲労寿命などを向上させることができる。

【0027】

さらに、たとえばオーステナイトが変態する温度にまで冷却することにより、浸炭窒化处理の際のオーステナイト粒界と最終焼入れの際のオーステナイト粒界とを無関係にすることができる。さらに、最終焼入れの際の加熱温度が浸炭窒化处理時の加熱温度よりも低いので、浸炭窒化处理の効果が及ぶ表層部における未溶解セメンタイト量は浸炭窒化处理のときよりも増大する。このため最終焼入れの加熱温度において、浸炭窒化处理のときより、未溶解セメンタイト量の比率が増大し、オーステナイト量の比率が低下する。しかも、鉄-炭素2元状態図から、セメンタイトとオーステナイトとの共存領域において、焼入れ温度の低下にともないオーステナイトに固溶する炭素濃度も低くなる。

【0028】

最終焼入れ温度に加熱したとき、オーステナイト粒の成長を妨げる未溶解セメンタイト量が多いために、オーステナイト粒は微細となる。また、焼入れによってオーステナイトからマルテンサイトやベイナイトに変態した組織は炭素濃度が低いので、浸炭窒化处理温度から焼き入れた組織に比べて靱性に富んだ組織となる。

【0029】

本発明のデファレンシャルの支持構造の製造方法およびデファレンシャルの構成部品の製造方法において好ましくは、焼入れ温度域が790℃～830℃の温度域である。

【0030】

この構成により、オーステナイト結晶粒の成長が生じにくい温度に再加熱して焼入れするので、オーステナイト粒径を細かくすることができる。

【0031】

なお、オーステナイト結晶粒は、対象とする部材の金相試料に対してエッチングなど、粒界を顕出する処理を施して観察することができる粒界であればよい。低温焼入れ直前の加熱された時点での粒界という意味で、旧オーステナイト粒と呼ぶ場合がある。測定は、JIS規格の粒度番号の平均値から平均粒径に換算して求めてもよいし、切片法などにより金相組織に重ねたランダム方向の直線が粒界と会合する間の間隔長さの平均値をとってもよい。

【発明の効果】

【0032】

本発明のデファレンシャルの支持構造およびデファレンシャルの構成部品によれば、軸

受部品は、窒素富化層が形成された上で、オーステナイト粒径が粒度番号で11番以上に微細化され、水素含有率も低減される。このため、デファレンシャルの支持構造およびデファレンシャルの構成部品の疲労寿命（デファレンシャルの支持構造の場合には転動疲労寿命）が大きく改善され、優れた耐割れ強度や耐経年寸法変化を得ることができる。また、これによりデファレンシャルの支持構造およびデファレンシャルを小さくできるので、デファレンシャルの小型化が図れる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

次に図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。

【0034】

（実施の形態1）

図1（a）は、本発明の実施の形態1におけるデファレンシャルの支持構造を示す概略断面図である。

【0035】

図1（a）を参照して、デファレンシャル10と、デファレンシャル10の周囲に配置された外周部分19a、19bとが示されている。デファレンシャル10は、図中左方向に延びたドライブピニオン20と歯合している。ドライブピニオン20は、回転することによりデファレンシャル10に動力を伝達する。また、デファレンシャル10にはアクスルシャフト17a、17bが図中縦方向に連結されている。アクスルシャフト17a、17bは、ドライブピニオン20からの動力を受けて回転する。デファレンシャルの支持構造1は、デファレンシャル10におけるドライブピニオン20とアクスルシャフト17a、17bとを、外周部分19a、19bなどの固定部材に対して回転自在に支持するものである。

【0036】

デファレンシャル10は、ドライブピニオン20と、アクスルシャフト17a、17bと、ピニオンシャフト18と、リングギヤ8と、ピニオンギヤ14a、14bと、サイドギヤ9a、9bと、デファレンシャルケース15とを主に有している。アクスルシャフト17a、17bの各々の先端には図示しない2つの車輪が接続されている。リングギヤ8と、ピニオンギヤ14a、14bと、サイドギヤ9a、9bとは、これら2つの車輪の各々を差動させるためのデファレンシャル10の歯車を構成している。アクスルシャフト17a、17bと、ピニオンシャフト18とは、デファレンシャル10の軸を構成している。

【0037】

リングギヤ8は、ボルト16によりデファレンシャルケース15に固定されていて、ドライブピニオン20の先端部分のドライブピニオンギヤ20aと歯合している。デファレンシャルケース15内には、ピニオンギヤ14a、14bおよびサイドギヤ9a、9bが配置されている。デファレンシャルケース15にはピニオンシャフト18が連結されていて、ピニオンギヤ14a、14bの各々は、ピニオンシャフト18に嵌めこまれている。これにより、リングギヤ8と、ピニオンギヤ14a、14bとはピニオンシャフト18に連結されている。ピニオンギヤ14a、14bの各々は図中左右に互いに対向して配置され、ピニオンシャフト18を軸として自転可能である。サイドギヤ9a、9bは、図中上下に互いに対向して配置されている。サイドギヤ9a、9bの各々はピニオンギヤ14a、14bの各々と歯合している。サイドギヤ9aは図中下側のアクスルシャフト17aに連結されていて、サイドギヤ9bは図中上側のアクスルシャフト17bに連結されている。

【0038】

続いて、本実施の形態におけるデファレンシャルの動作について説明する。

【0039】

ドライブピニオン20が回転することによりリングギヤ8に伝達された動力を受けて、デファレンシャルケース15と、リングギヤ8と、ピニオンギヤ14a、14bと、サイ

ドギヤ 9 a、9 b と、アクスルシャフト 17 a、17 b とが一体となってアクスルシャフト 17 a、17 b を軸として回転する。

#### 【0040】

ここで、たとえば本実施の形態におけるデファレンシャル 10 が自動車に適用される場合において、自動車が平らな道を直進している時には、2つのアクスルシャフト 17 a、17 b には等しい抵抗が加わる。このため、デファレンシャルケース 15 内のピニオンギヤ 14 a、14 b およびサイドギヤ 9 a、9 b の各々は自転しない。これにより、2つのアクスルシャフト 17 a、17 b はともに同じ回転数で回転する。

#### 【0041】

一方、自動車が旋回している時や凹凸のある路面を走行している時には、2つのアクスルシャフト 17 a、17 b に加わる抵抗に差が出る。すると、アクスルシャフト 17 a、17 b に加わる抵抗の差により、ピニオンギヤ 14 a、14 b がピニオンシャフト 18 を軸として自転する。これにより、抵抗の大きい方のアクスルシャフト（たとえばアクスルシャフト 17 a）に連結されたサイドギヤ（たとえばサイドギヤ 9 a）の回転の減少分が、抵抗の小さい方のサイドギヤ（たとえばサイドギヤ 9 b）へ配分される。その結果、抵抗の小さい方のアクスルシャフト 17 b の回転数が抵抗の大きい方のアクスルシャフト 17 a の回転数よりも大きくなる。このようにして、アクスルシャフト 17 a、17 b の各々に接続された 2つの車輪の各々が差動するように動力が伝えられる。

#### 【0042】

本実施の形態においては、デファレンシャル 10 を構成している構成部品（ドライブピニオン 20、アクスルシャフト 17 a、17 b、ピニオンシャフト 18、リングギヤ 8 と、ピニオンギヤ 14 a、14 b、サイドギヤ 9 a、9 b、デファレンシャルケース 15）が窒素富化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が 10 番を超える範囲にある。

#### 【0043】

本実施の形態においては、デファレンシャル 10 を構成している構成部品（ドライブピニオン 20、アクスルシャフト 17 a、17 b、ピニオンシャフト 18、リングギヤ 8 と、ピニオンギヤ 14 a、14 b、サイドギヤ 9 a、9 b、デファレンシャルケース 15）が窒素富化層を有し、破壊応力値が 2650 MPa 以上である。

#### 【0044】

本実施の形態においては、デファレンシャル 10 を構成している構成部品（ドライブピニオン 20、アクスルシャフト 17 a、17 b、ピニオンシャフト 18、リングギヤ 8 と、ピニオンギヤ 14 a、14 b、サイドギヤ 9 a、9 b、デファレンシャルケース 15）が窒素富化層を有し、構成部品の水素含有率が 0.5 ppm 以下である。

#### 【0045】

次に、図 1（b）は、本発明の実施の形態 1 におけるデファレンシャルの支持構造である円すいころ軸受を示す概略断面図である。

#### 【0046】

図 1（a）および図 1（b）を参照して、本実施の形態におけるデファレンシャルの支持構造 1 は、デファレンシャル 10 の図中上端部分と外周部分 19 b との間に配置された円すいころ軸受 1 a と、デファレンシャル 10 の図中下端部分と外周部分 19 b との間に配置された円すいころ軸受 1 b と、ドライブピニオン 20 と外周部分 19 a との間に配置された円すいころ軸受 1 c、1 d からなる。

#### 【0047】

円すいころ軸受 1 a は、外輪 2 a と内輪 3 a と円すいころ 4 a と保持器 5 a とを備えている。外輪 2 a は外周部分 19 b の上部の内周面に配置されている。内輪 3 a はデファレンシャル 10 の上端部分に嵌合されて配置されている。円すいころ 4 a は、保持器 5 a により回転自在に保持されて、外輪 2 a と内輪 3 a との間に固定されている。円すいころ軸受 1 b は、外輪 2 b と内輪 3 b と円すいころ 4 b と保持器 5 b とを備えている。外輪 2 b は外周部分 19 b の下部の内周面に配置されている。内輪 3 b はデファレンシャル 10 の

下端部分に嵌合されて配置されている。円すいころ 4 b は、保持器 5 b により転動自在に保持されて、外輪 2 b と内輪 3 b との間に固定されている。円すいころ軸受 1 c および円すいころ軸受 1 d は、外輪 2 c および外輪 2 d と、内輪 3 c および内輪 3 d と、円すいころ 4 c および円すいころ 4 d と、保持器 5 c および保持器 5 d とを備えている。外輪 2 c および外輪 2 d は外周部分 19 a の内周面に配置されている。内輪 3 c および内輪 3 d はドライブピニオン 20 に嵌合されて配置されている。円すいころ 4 c および円すいころ 4 d は、保持器 5 c および保持器 5 d により転動自在に保持されて、外輪 2 c および外輪 2 d と内輪 3 c および内輪 3 d との間に固定されている。

#### 【0048】

本実施の形態においては、デファレンシャルの支持構造 1 を構成している内輪 3 a ~ 3 d、外輪 2 a ~ 2 d および円すいころ 4 a ~ 4 d のうち少なくとも 1 つの部材が窒素富化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が 10 番を超える範囲にある。

#### 【0049】

本実施の形態においては、デファレンシャルの支持構造 1 を構成している内輪 3 a ~ 3 d、外輪 2 a ~ 2 d および円すいころ 4 a ~ 4 d のうち少なくとも 1 つの部材が窒素富化層を有し、破壊応力値が 2650 MPa 以上である。

#### 【0050】

本実施の形態においては、デファレンシャルの支持構造 1 を構成している内輪 3 a ~ 3 d、外輪 2 a ~ 2 d および円すいころ 4 a ~ 4 d のうち少なくとも 1 つの部材が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が 0.5 ppm 以下である。

#### 【0051】

次に、デファレンシャルの支持構造 1 を構成している内輪 3 a ~ 3 d、外輪 2 a ~ 2 d および円すいころ 4 a ~ 4 d のうち少なくとも 1 つの部材、またはデファレンシャル 10 を構成している構成部品に行なう浸炭窒化処理を含む熱処理について説明する。

#### 【0052】

図 2 は、本発明の実施の形態 1 における熱処理方法を説明する図である。また、図 3 は、本発明の実施の形態 1 における熱処理方法の変形例を説明する図である。図 2 は 1 次焼入れおよび 2 次焼入れを行なう方法を示す熱処理パターンであり、図 3 は焼入れ途中で材料を  $A_1$  変態点温度未満に冷却し、その後、再加熱して最終的に焼入れる方法を示す熱処理パターンである。どちらも本発明の実施の態様例である。これらの図において、処理  $T_1$  では鋼の素地に炭素や窒素を拡散させた炭素の溶解込みを十分に行なった後、 $A_1$  変態点未満に冷却する。次に、図中の処理  $T_2$  において、処理  $T_1$  よりも低温に再加熱し、そこから油焼入れを施す。

#### 【0053】

上記の熱処理は、普通焼入れ、すなわち浸炭窒化処理に引き続いてそのまま 1 回焼入れするよりも、材料の表層部分を浸炭窒化しつつ、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率を減少することができる。上記の熱処理方法によれば、オーステナイト結晶粒の粒径が従来の 2 分の 1 以下となるミクロ組織を得ることができる。したがって、本実施の形態におけるデファレンシャルの支持構造 1 に上記の熱処理を施すことにより、デファレンシャルの支持構造 1 の転動疲労特性が長寿命となり、割れ強度が向上し、経年寸法変化率が減少する。また、本実施の形態におけるデファレンシャル 10 の構成部品に上記の熱処理を施すことにより、デファレンシャル 10 の疲労特性が長寿命となり、割れ強度が向上し、経年寸法変化率が減少する。

#### 【0054】

なお、水素含有率のみを本発明の範囲に入れる場合には、 $T_2$  温度である 2 次焼入温度を浸炭窒化処理の加熱温度  $T_1$  (1 次焼入温度) より低くする必要はなく、2 次焼入温度  $T_2$  を 1 次焼入温度  $T_1$  以上にしてもよい。すなわち、 $T_2$  が  $T_1$  より高くても水素含有率は本発明の範囲内に入れることができる。しかし、2 次焼入温度を 1 次焼入温度未満とすることにより、水素含有率を低減した上で、さらにオーステナイト粒径が粒度番号 10 番を超えるようにすることができる。したがって、 $T_2$  が  $T_1$  未満であることが望ましい。

## 【0055】

また、上記の熱処理のどちらによっても、その中の浸炭窒化処理により「浸炭窒化処理層」である窒素富化層が形成される。浸炭窒化処理において素材となる鋼の炭素濃度が高いため、通常の浸炭窒化処理の雰囲気から炭素が鋼の表面に侵入しにくい場合がある。たとえば炭素濃度が高い鋼の場合（1wt%程度の鋼）、それ以上高い炭素濃度の浸炭層が生成する場合もあるし、それ以上高い炭素濃度の浸炭層は生成しにくい場合がある。しかし、窒素濃度は、Cr濃度などにも依存するが、通常の鋼では最大限0.025wt%程度以下と低いので、素材の鋼の炭素濃度によらず窒素富化層が明瞭に生成される。上記窒素富化層には炭素が富化されていてもよいことはいうまでもない。

## 【0056】

図4はデファレンシャルの支持構造における部材のミクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。図4(a)は本発明例の軸受部品であり、図4(b)は従来の軸受部品である。すなわち、上記図2に示す熱処理パターンを適用した軸受鋼のオーステナイト結晶粒度を図4(a)に示す。また、比較のため、従来の熱処理方法による軸受鋼のオーステナイト結晶粒度を図4(b)に示す。また、図5(a)および図5(b)は、上記図4(a)および図4(b)を図解したオーステナイト結晶粒界を示す図である。これらオーステナイト結晶粒度を示す組織より、従来のオーステナイト粒径はJIS規格の粒度番号で10番であり、また本発明による熱処理方法によれば12番の細粒を得ることができる。また、図4(a)の平均粒径は、切片法で測定した結果、5.6 $\mu$ mであった。

## 【0057】

(実施の形態2)

図6は、本発明の実施の形態2におけるデファレンシャルの支持構造である深溝玉軸受を示す概略断面図である。

## 【0058】

図6を参照して、本実施の形態におけるデファレンシャルの支持構造1は、円すいころ軸受1a~1dに代わって深溝玉軸受7a~7dで構成されている。

## 【0059】

深溝玉軸受7aは、外輪2aと内輪3aと玉6aと保持器5aとを備えている。外輪2aは外周部分19b(図1(a))の上部の内周面に配置されている。内輪3aはデファレンシャル10(図1(a))の上端部分に嵌合されて配置されている。玉6aは保持器5aにより転動自在に保持されて、外輪2aと内輪3aとの間に固定されている。深溝玉軸受7bは、外輪2bと内輪3bと玉6bと保持器5bとを備えている。外輪2bは外周部分19bの下部の内周面に配置されている。内輪3bはデファレンシャル10の下端部分に嵌合されて配置されている。玉6bは、保持器5bにより転動自在に保持されて、外輪2bと内輪3bとの間に固定されている。深溝玉軸受7cおよび深溝玉軸受7dは、外輪2cおよび外輪2dと、内輪3cおよび内輪3dと、玉6cおよび玉6dと、保持器5cおよび保持器5dとを備えている。外輪2cおよび外輪2dは外周部分19a(図1(a))の内周面に配置されている。内輪3cおよび内輪3dはドライブピニオン20(図1(a))に嵌合されて配置されている。玉4cおよび玉4dは、保持器5cおよび保持器5dにより転動自在に保持されて、外輪2cおよび外輪2dと内輪3cおよび内輪3dとの間に固定されている。

## 【0060】

なお、これ以外の構成については図1(a)、(b)に示す実施の形態1の構成とほぼ同じであるため、同一の構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。

## 【0061】

本実施の形態においては、デファレンシャルの支持構造1を構成している内輪3a~3d、外輪2a~2dおよび玉6a~6dのうち少なくとも1つの部材が窒素富化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある。

## 【0062】

本実施の形態においては、デファレンシャルの支持構造1を構成している内輪3a~3

d、外輪 2 a ~ 2 d および玉 6 a ~ 6 d のうち少なくとも 1 つの部材が窒素富化層を有し、破壊応力値が 2650 MPa 以上である。

#### 【0063】

本実施の形態においては、デファレンシャルの支持構造 1 を構成している内輪 3 a ~ 3 d、外輪 2 a ~ 2 d および玉 6 a ~ 6 d のうち少なくとも 1 つの部材が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が 0.5 ppm 以下である。

#### 【実施例】

#### 【0064】

次に本発明の実施例について説明する。

#### 【0065】

(実施例 1)

JIS 規格 SUJ 2 材 (1.0 重量% C - 0.25 重量% Si - 0.4 重量% Mn - 1.5 重量% Cr) を用いて、本発明の実施例 1 を行なった。表 1 に示した各試料の製造履歴を以下に示す。

#### 【0066】

【表 1】

試料	A	B	C	D	E	F	従来浸炭窒化処理品	普通焼入品
二次焼入温度 (°C)	780 <sup>1)</sup>	800	815	830	850	870	-	-
水素量 (ppm)	-	0.37	0.40	0.38	0.42	0.40	0.72	0.38
結晶粒度 (JIS)	-	12	11.5	11	10	10	10	10
シャルピー衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	-	6.65	6.40	6.30	6.20	6.30	5.33	6.70
破壊応力値 (MPa)	-	2840	2780	2650	2650	2700	2330	2770
転動疲労寿命比 (L <sub>10</sub> )	-	5.4	4.2	3.5	2.9	2.8	3.1	1

1) 今回は、焼入不足のため評価できなかった

#### 【0067】

(試料 A ~ D; 本発明例) : 浸炭窒化処理 850°C、保持時間 150 分間。雰囲気は、RX ガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。図 2 に示す熱処理パターンにおいて、浸炭窒化処理温度 850°C から 1 次焼入れを行ない、次いで浸炭窒化処理温度より低い温度域 780°C ~ 830°C に加熱して 2 次焼入れを行なった。ただし、2 次焼入温度 780°C の試料 A は焼入不足のため試験の対象から外した。

(試料 E、F; 比較例) : 浸炭窒化処理は、本発明例 A ~ D と同じ履歴で行ない、2 次焼入れ温度を浸炭窒素処理温度 850°C 以上の 850°C ~ 870°C で行なった。

(従来浸炭窒化処理品; 比較例) : 浸炭窒化処理 850°C、保持時間 150 分間。雰囲気は、RX ガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。浸炭窒化処理温度からそのまま焼入れを行ない、2 次焼入れは行なわなかった。

(普通焼入れ品; 比較例) : 浸炭窒化処理を行わずに、850°C に加熱して焼入れた。2 次焼入れは行なわなかった。

#### 【0068】

上記の試料に対して、(1) 水素量の測定、(2) 結晶粒度の測定、(3) シャルピー

衝撃試験、(4) 破壊応力値の測定、(5) 転動疲労試験、の各試験を行なった。次にこれらの試験方法について説明する。

#### 【0069】

##### I 実施例1の試験方法

##### (1) 水素量の測定

水素量は、LECO社製DH-103型水素分析装置により、鋼中の非拡散性水素量を分析した。拡散性水素量は測定していない。このLECO社製DH-103型水素分析装置の仕様を下記に示す。

#### 【0070】

分析範囲: 0.01~50.00 ppm

分析精度:  $\pm 0.1$  ppm または  $\pm 3\%$  H (いずれか大なる方)

分析感度: 0.01 ppm

検出方式: 熱伝導度法

試料重量サイズ: 10 mg ~ 35 g (最大: 直径 12 mm × 長さ 100 mm)

加熱炉温度範囲: 50℃ ~ 1100℃

試薬: アンハイドロン  $Mg(ClO_4)_2$ 、アスカライト NaOH

キャリアガス: 窒素ガス、ガストージングガス: 水素ガス、いずれのガスも純度 99.99% 以上、圧力 40 PSI ( $2.8 \text{ kgf/cm}^2$ ) である。

#### 【0071】

測定手順の概要は以下のとおりである。専用のサンプラーで採取した試料をサンプラーごと上記の水素分析装置に挿入する。内部の拡散性水素は窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導かれる。この拡散性水素は本実施例では測定しない。次に、サンプラーから試料を取出し抵抗加熱炉内で加熱し、非拡散性水素を窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導く。熱伝導度検出器において熱伝導度を測定することによって非拡散性水素量を知ることができる。

##### (2) 結晶粒度の測定

結晶粒度の測定は、JIS G 0551の鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法に基づいて行なった。

##### (3) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、JIS Z 2242の金属材料のシャルピー衝撃試験方法に基づいて行なった。試験片は、JIS Z 2202に示されたUノッチ試験片(JIS 3号試験片)を用いた。なお、シャルピー衝撃値は、次式の吸収エネルギーEを断面積( $0.8 \text{ cm}^2$ )で除した値である。

#### 【0072】

吸収エネルギー:  $E = W g R (\cos \beta - \cos \alpha)$

W: ハンマー重量 ( $= 25.438 \text{ kg}$ )

g: 重力加速度 ( $= 9.80665 \text{ m/sec}^2$ )

R: ハンマー回転軸中心から重心までの距離 ( $= 0.6569 \text{ m}$ )

$\alpha$ : ハンマー持ち上げ角度 ( $= 146^\circ$ )、 $\beta$ : ハンマー降り上がり角度

##### (4) 破壊応力値の測定

図7は、静圧壊強度試験(破壊応力値の測定)の試験片を示す図である。図中のP方向に荷重を负荷して破壊されるまでの荷重を測定する。その後、得られた破壊荷重を、下記に示す曲がり梁の応力計算式により応力値に換算する。なお、試験片は図7に示す試験片に限られず、他の形状の試験片を用いてもよい。

#### 【0073】

図7の試験片の凸表面における繊維応力を $\sigma_1$ 、凹表面における繊維応力を $\sigma_2$ とすると、 $\sigma_1$ および $\sigma_2$ は下記の式によって求められる(機械工学便覧A4編材料力学A4-40)。ここで、Nは円環状試験片の軸を含む断面の軸力、Aは横断面積、 $e_1$ は外半径、 $e_2$ は内半径を表す。また、 $\kappa$ は曲がり梁の断面係数である。

#### 【0074】

$$\sigma_1 = (N/A) + \{M / (A \rho_0)\} [1 + e_1 / \{\kappa (\rho_0 + e_1)\}]$$

$$\sigma_2 = (N/A) + \{M / (A \rho_0)\} [1 - e_2 / \{\kappa (\rho_0 - e_2)\}]$$

$$\kappa = - (1/A) \int_A \{\eta / (\rho_0 + \eta)\} dA$$

#### (5) 転動疲労試験

転動疲労寿命試験の試験条件を表2に示す。また、図8は、転動疲労寿命試験機の概略図である。図8(a)は正面図であり、図8(b)は側面図である。

#### 【0075】

図8(a)および(b)を参照して、転動疲労寿命試験片21は、駆動ロール11によって駆動され、ボール13と接触して回転している。ボール13は、(3/4)"のボールであり、案内ロール12にガイドされて、転動疲労寿命試験片21との間で高い面圧を及ぼし合いながら転動する。

#### 【0076】

#### II 実施例1の試験結果

##### (1) 水素量

浸炭窒化処理したままの従来浸炭窒化処理品は、0.72ppmと非常に高い値となっている。これは、浸炭窒化処理の雰囲気に含まれるアンモニア(NH<sub>3</sub>)が分解して水素が鋼中に侵入したためと考えられる。これに対して、試料B~Dは、水素量は0.37~0.40ppmと半分近くにまで減少している。この水素量は普通焼入れ品と同じレベルである。

#### 【0077】

上記の水素量の低減により、水素の固溶に起因する鋼の脆化を軽減することができる。すなわち、水素量の低減により、本発明例の試料B~Dのシャルピー衝撃値は大きく改善されている。

##### (2) 結晶粒度

結晶粒度は2次焼入れ温度が、浸炭窒化処理時の焼入れ(1次焼入れ)の温度より低い場合、すなわち試料B~Dの場合、オーステナイト粒は、結晶粒度番号11~12と顕著に微細化されている。試料EおよびFならびに従来浸炭窒化処理品および普通焼入品のオーステナイト粒は、結晶粒度番号10であり、本発明例の試料B~Dより粗大な結晶粒となっている。

##### (3) シャルピー衝撃試験

表1によれば、従来浸炭窒化処理品のシャルピー衝撃値は5.33J/cm<sup>2</sup>であるのに比して、本発明例の試料B~Dのシャルピー衝撃値は6.30~6.65J/cm<sup>2</sup>と高い値が得られている。この中でも、2次焼入れ温度が低いほうがシャルピー衝撃値が高くなる傾向を示す。普通焼入品のシャルピー衝撃値は6.70J/cm<sup>2</sup>と高い。

##### (4) 破壊応力値の測定

上記破壊応力値は、耐割れ強度に相当する。表1によれば、従来浸炭窒化処理品は2330MPaの破壊応力値となっている。これに比して、試料B~Dの破壊応力値は2650~2840MPaと改善された値が得られる。普通焼入品の破壊応力値は2770MPaであり、試料B~Fの破壊応力値と同等である。このような、試料B~Dの改良された耐割れ強度は、オーステナイト結晶粒の微細化と並んで、水素含有率の低減による効果が大きいと推定される。

##### (5) 転動疲労試験

表1によれば、普通焼入品は窒素富化層を表層部に有しないことを反映して、転動疲労寿命L<sub>10</sub>は最も低い。これに比して従来浸炭窒化処理品の転動疲労寿命は3.1倍となる。試料B~Dの転動疲労寿命は従来浸炭窒化処理品より大幅に向上する。本発明の試料E、Fは、従来浸炭窒化処理品とはほぼ同等である。

#### 【0078】

上記をまとめると、本発明例の試料B~Dは、水素含有率が低下し、オーステナイト結晶粒度が11番以上に微細化され、シャルピー衝撃値、耐割れ強度および転動疲労寿命も改善される。

## 【0079】

## (実施例2)

次に実施例2について説明する。下記のX材、Y材およびZ材について、一連の試験を行なった。熱処理用素材には、JIS規格SUJ2材（1.0重量% C - 0.25重量% Si - 0.4重量% Mn - 1.5重量% Cr）を用い、X材～Z材に共通とした。X材～Z材の製造履歴は次のとおりである。

（X材：比較例）：普通焼入れのみ（浸炭窒化処理せず）。

（Y材：比較例）：浸炭窒化処理後にそのまま焼き入れる（従来の浸炭窒化焼入れ）。浸炭窒化処理温度845℃、保持時間150分間。浸炭窒化処理の雰囲気は、RXガス+アンモニアガスとした。

（Z材：本発明例）：図3の熱処理パターンを施した軸受鋼。浸炭窒化処理温度845℃、保持時間150分間。浸炭窒化処理の雰囲気は、RXガス+アンモニアガスとした。最終焼入れ温度は800℃とした。

## (1) 転動疲労寿命

転動疲労寿命試験の試験条件および試験装置は、上述したように、表2および図8に示すとおりである。この転動疲労寿命試験結果を表3に示す。

## 【0080】

【表2】

試験片	φ12×L22 円筒試験片
試験数	10個
相手鋼球	3/4" (19.05mm)
接触面圧	5.88GPa
負荷速度	46240cpm
潤滑油	タービン VG68 強制循環給油

## 【0081】

【表3】

材質	寿命(負荷回数)		L <sub>10</sub> の比
	L <sub>10</sub> (×10 <sup>4</sup> 回)	L <sub>10</sub> (×10 <sup>4</sup> 回)	
X材	8017	18648	1.0
Y材	24656	33974	3.1
Z材	43244	69031	5.4

## 【0082】

表3によれば、比較例のY材は、同じく比較例で普通焼入れのみを施したX材のL<sub>10</sub>寿命（試験片10個中1個が破損する寿命）の3.1倍を示し、浸炭窒化処理による長寿命化の効果が認められる。これに対して、本発明例のZ材は、Y材の1.74倍、またX材の5.4倍の長寿命を示している。この改良の主因はミクロ組織の微細化によるものと考えられる。

## (2) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、Uノッチ試験片を用いて、上述のJIS Z 2242に準じた方法により行なった。試験結果を表4に示す。

## 【0083】

【表 4】

材質	シャルピー衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	衝撃値の比
X 材	6.7	1.0
Y 材	5.3	0.8
Z 材	6.7	1.0

## 【0084】

浸炭窒化処理を行なった Y 材（比較例）のシャルピー衝撃値は、普通焼入れの X 材（比較例）より高くないが、Z 材は X 材と同等の値が得られた。

## (3) 静的破壊靱性値の試験

図 9 は、静的破壊靱性試験の試験片を示す図である。この試験片のノッチ部に、予き裂を約 1 mm 導入した後に、3 点曲げによる静的荷重を加え、破壊荷重 P を求めた。破壊靱性値 ( $K_{IC}$  値) の算出には次に示す (I) 式を用いた。また、試験結果を表 5 に示す。

$$K_{IC} = (PL\sqrt{a/BW^2}) \{5.8 - 9.2(a/W) + 43.6(a/W)^2 - 75.3(a/W)^3 + 77.5(a/W)^4\} \dots (I)$$

## 【0085】

【表 5】

材質	試験数	$K_{IC}$ (MPa $\sqrt{m}$ )	$K_{IC}$ の比
X 材	3 個	16.3	1.0
Y 材	3 個	16.1	1.0
Z 材	3 個	18.9	1.2

## 【0086】

予め導入した亀裂深さが窒素富化層深さよりも大きくなったため、比較例の X 材と Y 材とに違いはない。しかし、本発明例の Z 材は比較例に対して約 1.2 倍の値を得ることができた。

## (4) 静圧壊強度試験（破壊応力値の測定）

静圧壊強度試験片は、上述のように図 7 に示す形状のものを用いた。図中、P 方向に荷重を負荷して、静圧壊強度試験を行なった。試験結果を表 6 に示す。

## 【0087】

【表 6】

材質	試験数	静圧壊強度 (kgf)	静圧壊強度の比
X 材	3 個	4200	1.00
Y 材	3 個	3500	0.84
Z 材	3 個	4300	1.03

## 【0088】

浸炭窒化処理を行なっている Y 材は普通焼入れの X 材よりもやや低い値である。しかしながら、本発明の Z 材は、Y 材よりも静圧壊強度が向上し、X 材と遜色ないレベルが得られている。

## (5) 経年寸法変化率

保持温度 130℃、保持時間 500 時間における経年寸法変化率の測定結果を、表面硬度、残留オーステナイト量 (0.1 mm 深さ) と併せて表 7 に示す。

【0089】

【表 7】

材質	試験数	表面硬度 (HRC)	残留 $\gamma$ 量 (体積%)	寸法変化率 ( $\times 10^{-5}$ )	寸法変化率 の比 <sup>*</sup> )
X 材	3 個	62.5	9.0	18	1.0
Y 材	3 個	63.6	28.0	35	1.9
Z 材	3 個	60.0	11.3	22	1.2

\*: 小さい方が優れている

【0090】

残留オーステナイト量の多い Y 材の寸法変化率に比べて、本発明例の Z 材は 2 分の 1 以下に抑制されていることがわかる。

(6) 異物混入潤滑下における寿命試験

玉軸受 6206 を用い、標準異物を所定量混入させた異物混入潤滑下での転動疲労寿命を評価した。試験条件を表 8 に、また試験結果を表 9 に示す。

【0091】

【表 8】

荷重	Fr=6.86kN
接触面圧	Pmax=3.2Gpa
回転速度	2000rpm
潤滑	タービン 56 油浴給油
異物量	0.4g/1000cc
異物	粒径 100~180 $\mu$ m、硬さ Hv800

【0092】

【表 9】

材質	$L_{10}$ 寿命 (h)	$L_{10}$ 寿命の比
X 材	20.0	1.0
Y 材	50.2	2.5
Z 材	74.0	3.7

【0093】

X 材に比べ、従来の浸炭窒化処理を施した Y 材は約 2.5 倍の長寿命が得られた。また、本発明例の Z 材は約 3.7 倍の長寿命が得られた。本発明例の Z 材は、比較例の Y 材に比べて残留オーステナイトが少ないものの、窒素の侵入と微細化されたマイクロ組織の影響で長寿命が得られている。

【0094】

上記の結果より、本発明例の Z 材、すなわち本発明の熱処理方法によって製造された軸受部品は、従来の浸炭窒化処理では困難であった転動疲労寿命の長寿命化、割れ強度の向上、経年寸法変化率の低減の 3 項目を同時に満足することができることがわかった。

【0095】

なお、本実施の形態 1 および 2 においては、デファレンシャルの支持構造 1 として円す

いころ軸受 1 a ~ 1 d または深溝玉軸受 7 a ~ 7 d が用いられる場合について示したが、本発明はこのような場合に限らず、たとえばアンギュラ玉軸受や円筒ころ軸受が用いられてもよい。

#### 【0096】

本実施の形態 1 においては、外輪 2 a (2 b) が外周部分 19 a (19 b) と別体である場合について示したが、本発明はこのような場合に限らず、外輪 2 a (2 b) が外周部分 19 a (19 b) と一体化していてもよい。また、本実施の形態 1 においては、内輪 3 a (3 b) が外周部分 19 a (19 b) と別体である場合について示したが、本発明はこのような場合に限らず、外輪 3 a (3 b) が外周部分 19 a (19 b) と一体化していてもよい。

#### 【0097】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0098】

【図 1】 (a) 本発明の実施の形態 1 におけるデファレンシャルの支持構造を示す概略断面図である。(b) 本発明の実施の形態 1 におけるデファレンシャルの支持構造である円すいころ軸受を示す概略断面図である。

【図 2】 本発明の実施の形態 1 における熱処理方法を説明する図である。

【図 3】 本発明の実施の形態 1 における熱処理方法の変形例を説明する図である。

【図 4】 デファレンシャルの支持構造における部材のミクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。(a) は本発明例の軸受部品であり、(b) は従来の軸受部品である。

【図 5】 (a) は図 4 (a) を図解したオーステナイト粒界を示し、(b) は図 4 (b) を図解したオーステナイト粒界を示す。

【図 6】 本発明の実施の形態 2 におけるデファレンシャルの支持構造である深溝玉軸受を示す概略断面図である。

【図 7】 静圧壊強度試験（破壊応力値の測定）の試験片を示す図である。

【図 8】 転動疲労寿命試験機の概略図である。(a) は正面図であり、(b) は側面図である。

【図 9】 静的破壊靱性試験の試験片を示す図である。

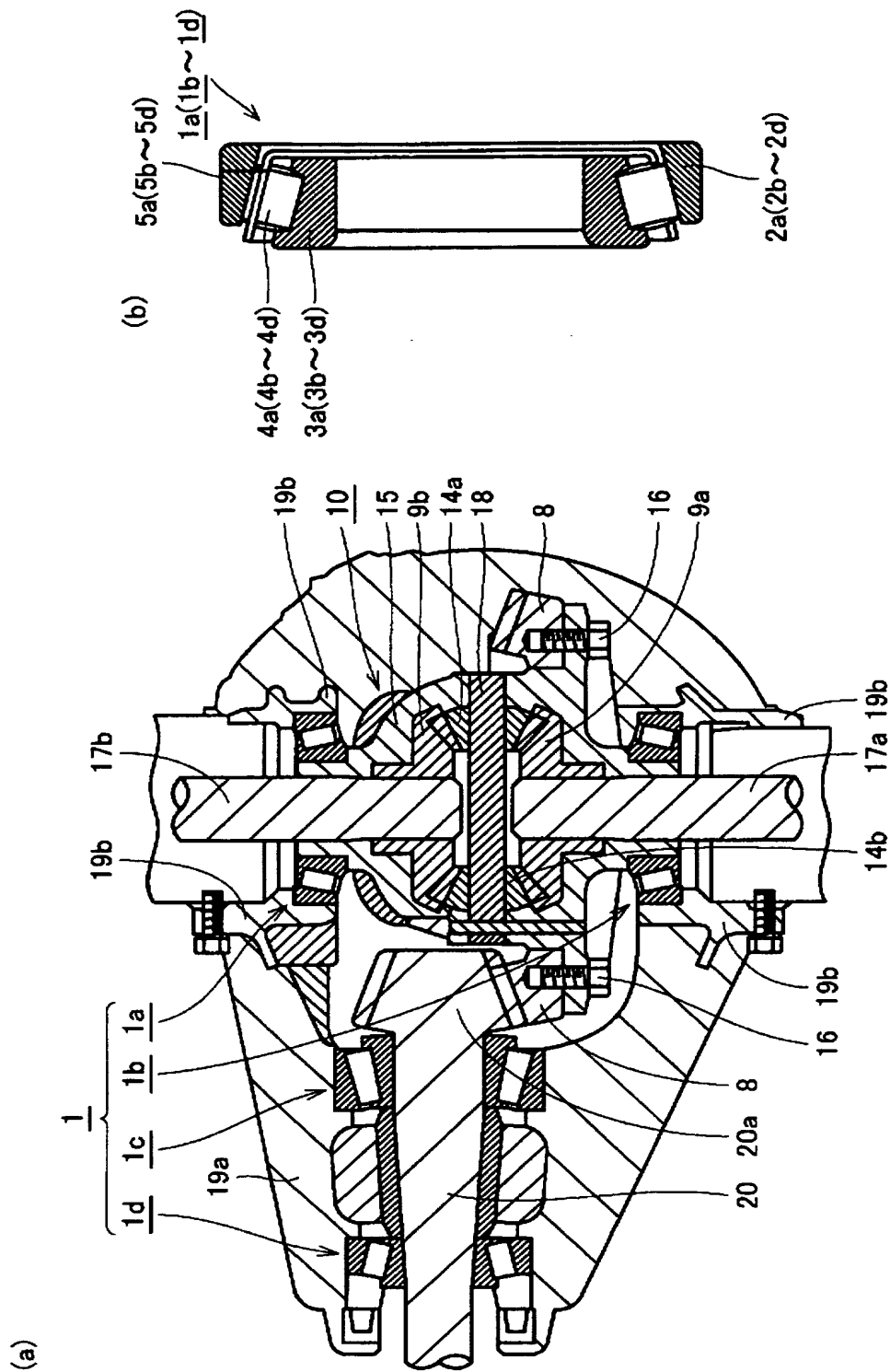
#### 【符号の説明】

#### 【0099】

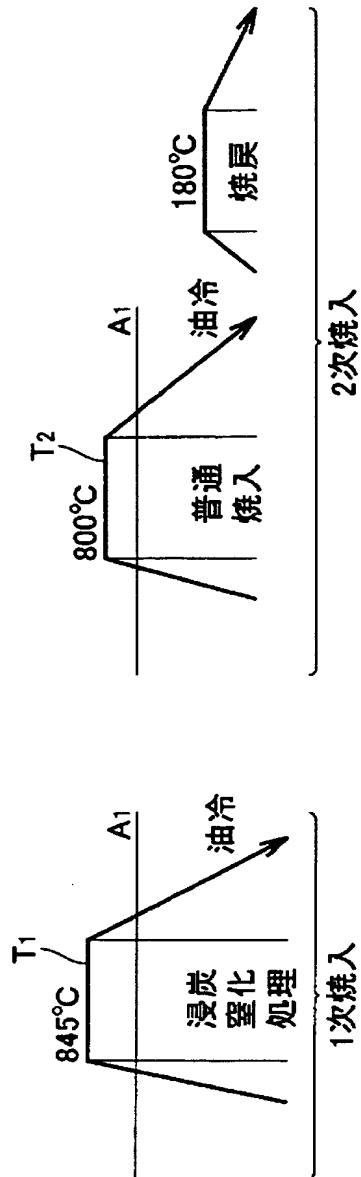
1 デファレンシャルの支持構造、1 a ~ 1 d 円すいころ軸受、2 a ~ 2 d 外輪、3 a ~ 3 d 内輪、4 a ~ 4 d 円すいころ、5 a ~ 5 d 保持器、6 a ~ 6 d 玉、7 a ~ 7 d 深溝玉軸受、8 リングギヤ、9 a, 9 b サイドギヤ、10 デファレンシャル、11 駆動ロール、12 案内ロール、13 (3/4) " ボール、14 a, 14 b ピニオンギヤ、15 デファレンシャルケース、16 ボルト、17 a, 17 b アクスルシャフト、18 ピニオンシャフト、19 a, 19 b 外周部分、20 ドライブピニオン、20 a ドライブピニオンギヤ、21 転動疲労寿命試験片、T<sub>1</sub> 浸炭窒化処理温度、T<sub>2</sub> 焼入れ加熱温度。

【書類名】 図面

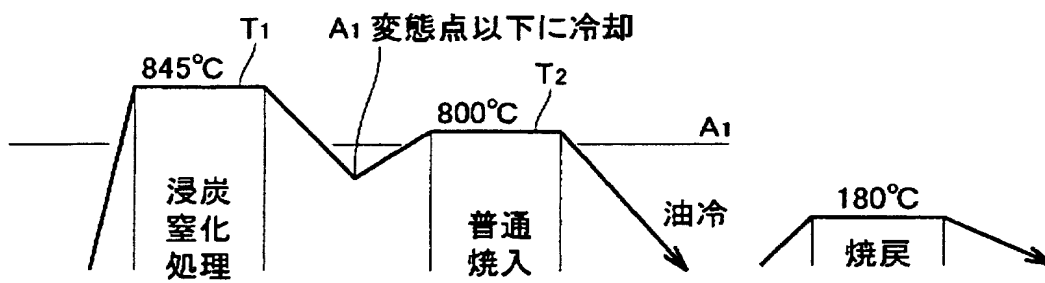
【図 1】



【図 2】

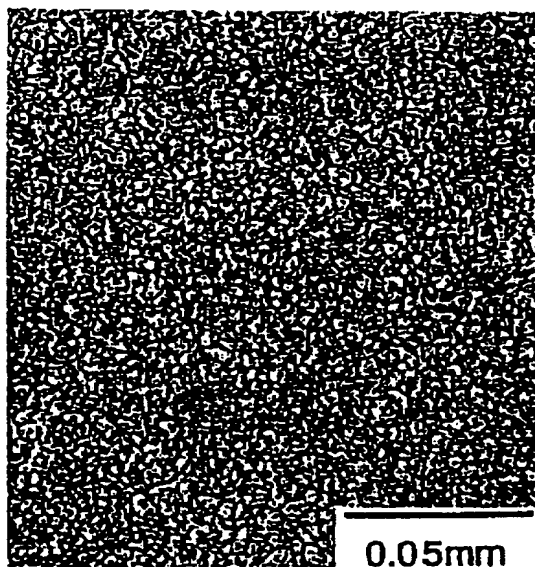


【図 3】

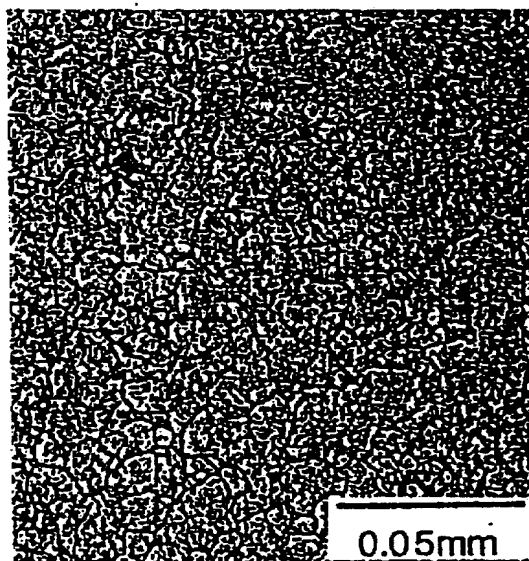


【図 4】

(a)



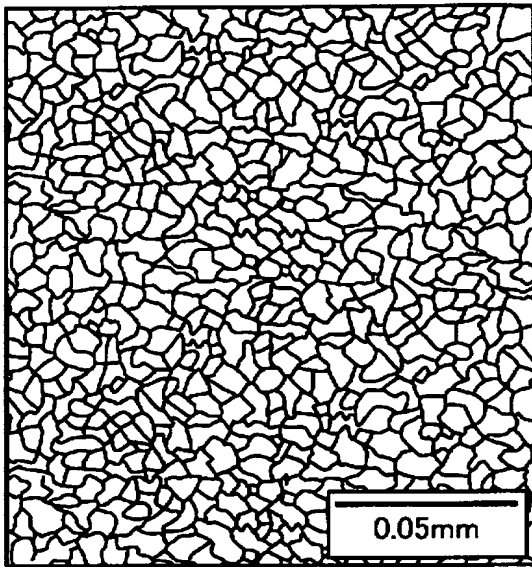
(b)



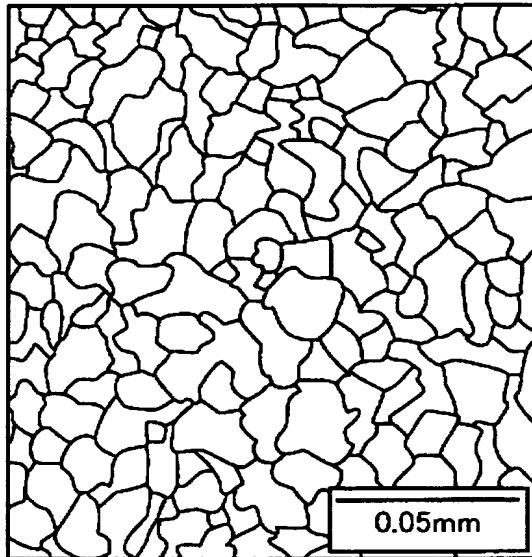
BEST AVAILABLE COPY

【図 5】

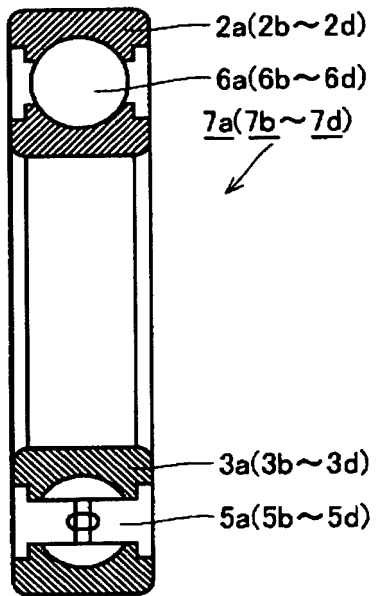
(a)



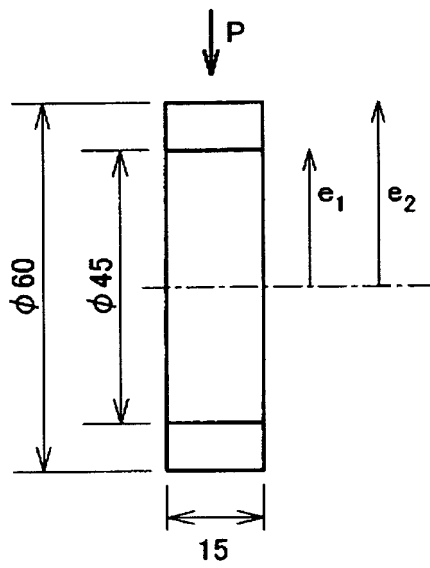
(b)



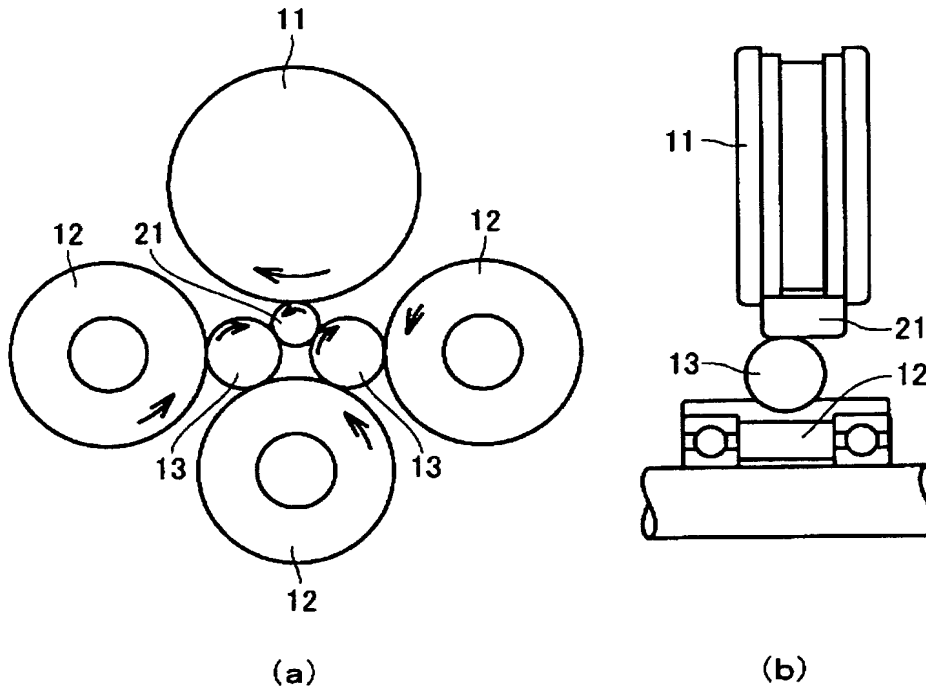
【図 6】



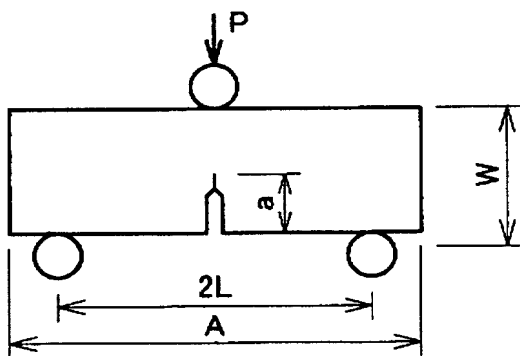
【図 7】



【図 8】



【図 9】



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 疲労特性の長寿命化を実現可能なデファレンシャルの支持構造、デファレンシャルの構成部品、デファレンシャルの支持構造の製造方法、およびデファレンシャルの構成部品の製造方法を提供する。

**【解決手段】** 本発明のデファレンシャルの支持構造 1 は、デファレンシャル 1 0 を回転自在に支持する支持構造であって、デファレンシャル 1 0 に配置された内輪 3 a ～ 3 d と、デファレンシャル 1 0 の周囲に形成された外周部分 1 9 a、1 9 b に配置された外輪 2 a ～ 2 d と、内輪 3 a ～ 3 b と外輪 2 a ～ 2 b との間を転動する円すいころ 4 a ～ 4 b とを備えている。内輪 3 a ～ 3 d、外輪 2 a ～ 2 d、および円すいころ 4 a ～ 4 d のうち少なくともいずれか 1 つの部材が浸炭窒化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が 1 0 番を超える範囲にある。

**【選択図】** 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 2 5 4 5 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 0 2 6 9 2 ]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 1 1 月 5 日

[変更理由]

名称変更

住 所

大阪府大阪市西区京町堀 1 丁目 3 番 1 7 号

氏 名

N T N 株式会社